

Abstract (Basic): NL 9102063 A

The arm (4) is rotatable on a horizontal axle (3). The position of the arms (6, 8) are adjustable on spindles (9, 10). The emitter (11) is directed at the picture-forming apparatus (12). This includes a long, proximity-focus amplification tube. The patient table (13) is movable in both horizontal axes and adjustable in height. It is rotatable around a vertical axis through the sight line (18). A collimator forms a fan shaped beam.

Mechanical scanning provides a picture 400mm x 350mm. A light-sensitive CCD device is used in time-delay and integration modes. The digitised output is viewed on a television monitor.

USE/ADVANTAGE - For simulation and planning of radiotherapy treatment. To minimise patient exposure to radiation during the fluoroscope mode of operation. To facilitate the production of tomographic pictures for treatment planning.

Dwg.1/7

Title Terms: APPARATUS; RADIOTHERAPY; SIMULATE; PLAN; PROXIMITY; FOCUS; X-RAY; AMPLIFY; TUBE; MECHANICAL; SCAN; TELEVISION; MONITOR

Derwent Class: P34; S05

International Patent Class (Main): A61N-005/10

International Patent Class (Additional): H01J-031/50

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): S05-A03; S05-D02A1; S05-D02E

AP

(19)



Octroolraad  
Nederland

(11) Publikationsnummer: **9102063**

(12) **A TERINZAGELEGGING**

(21) Aanvraagnummer: **9102063**

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>:  
**A61N 5/10, H01J 31/50**

(22) Indieningsdatum: **10.12.91**

(43) Ter inzage gelegd:  
**01.07.93 I.E. 93/13**

(71) Aanvrager(s):  
**B.V. Optische Industrie 'De Oude Delft' te Delft**

(72) Uitvinder(s):  
**Hendrik Mulder te Delft**

(74) Gemachtigde:  
**Ir. Th.A.H.J. Smulders c.s.  
Vereenigde Octroolbureaux  
Nieuwe Parklaan 97  
2587 BN 's-Gravenhage**

(54) **Röntgeninrichting voor simulatie en planning van radiotherapie**

(57) Röntgeninrichting voor simulatie en planning van radiotherapie, omvattend een gestel, een om een horizontale as draaibaar aan het gestel bevestigde constructie met twee benen, welke benen van het gestel af wijzen, waarbij het ene been nabij het vrije uiteinde een röntgenbron draagt en het andere been nabij het vrije uiteinde een beeldopneeminrichting draagt, en waarbij in bedrijf een patiëntentafel is voorzien om een patiënt tussen de röntgenbron en de beeldopneeminrichting te positioneren. De beeldopneeminrichting omvat een langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis van het proximity-focus type, die in bedrijf een aftastslag uitvoert, en een optisch stelsel, dat het uitgangsbild van de langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis voortdurend afbeeldt op een lichtgevoelige inrichting die het genoemde uitgangsbild omzet in elektrische vorm.

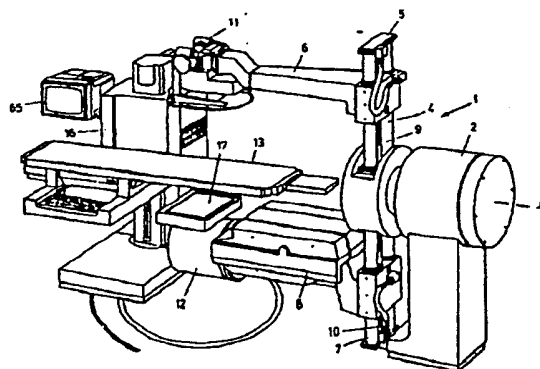


FIG.1

NL A 9102063

De aan dit blad gehechte afdruk van de beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en) bevat afwijkingen ten opzichte van de oorspronkelijk ingediende stukken; deze laatste kunnen bij de Octrooiraad op verzoek worden ingezien.

Titel: Röntgeninrichting voor simulatie en planning  
van radiotherapie.

De uitvinding heeft betrekking op een röntgeninrichting voor simulatie en planning van radiotherapie, omvattend een gestel, een om een in hoofdzaak horizontale as draaibaar aan het gestel bevestigde konstruktie met  
5 twee benen, welke benen van het gestel af wijzen, waarbij het ene been nabij het vrije uiteinde een röntgenbron draagt en het andere been nabij het vrije uiteinde een beeldopneeminrichting draagt.

Een dergelijke inrichting is uit de praktijk bekend  
10 en dient om op een patiëntentafel gelegen patiënten met röntgenstraling te onderzoeken, waarna op basis van de tijdens het onderzoek gevormde beelden een plan voor radiotherapeutische behandeling kan worden opgesteld. Ook kan met een dergelijke inrichting een radiotherapeutische  
15 behandeling worden gesimuleerd.

Bij de bekende inrichting omvat de beeldopneeminrichting een grote röntgenbeeldversterker, dat wil zeggen een röntgenbeeldversterkerbuis met een groot, normaliter rond ingangsvenster. De röntgenbeeldversterkerbuis vormt  
20 een zichtbaar uitgangsbeeld, dat met een televisiecamera wordt opgenomen en op een monitor wordt weergegeven.

In de zogenaamde fluoroscopie-mode wordt uitsluitend een real time beeld op de monitor gevormd, teneinde bijvoorbeeld te kunnen controleren of de patiëntentafel goed  
25 is ingesteld, of de patiënt goed ligt, maar ook om de bestralingsrichting, plaats van intree van de röntgenbundel, de doorsnede van de röntgenbundel en dergelijke voor een optimale bestralingsgtherapie te bepalen.

In de fluorografie-mode worden met behulp van röntgenfilm-  
30 cassettes röntgenopnamen voor latere bestudering gemaakt, al dan niet onder toepassing van veldbegrenzungen. Dergelijke veldbegrenzungen kunnen worden verkregen met behulp van een voor de röntgenbron aangebracht diafragma.

9 1 0 2 0 6 3

Een bezwaar van de bekende inrichting is, dat de grote röntgenbeeldversterkerbuizen een sterke kussenvormige beeldvertekening introduceren. Dit is vooral bij toepassing van een modern diafragma als de zogenaamde multi-leaf collimator een groot bezwaar. Een multi-leaf collimator is een in de nabijheid van de röntgenbron geplaatst en de stralingsbundel begrenzend element, dat een aantal verplaatsbare tongen van bijvoorbeeld lood omvat, die later tijdens de therapie weer in nauwkeurig dezelfde stand gebracht moeten kunnen worden als tijdens het onderzoek.

Een ander bezwaar van de grote röntgenbeeldversterkerbuizen is, dat dergelijke buizen duur en relatief kwetsbaar zijn. Ook is een grote röntgenbeeldversterkerbuis enerzijds relatief omvangrijk, doch is anderszijds het beschikbare beeldveld relatief klein. Ook is het beeldveld niet optimaal aangepast aan de televisienorm.

Nog een bezwaar van de bekende inrichting is, dat het vastleggen van beelden tijdrovend is. Voorts valt in de fluoroscopie-mode het beeld weg zodra de röntgenbron uitgeschakeld wordt. De röntgenbron dient echter zo kort mogelijk ingeschakeld te blijven om de stralingsbelasting voor de patiënt zo gering mogelijk te houden.

De bekende inrichting is voorts minder geschikt om tomografiebeelden te verschaffen. Niettemin kunnen tomografiebeelden van de organen, botten, huidcontour, een eventuele tumor van een patiënt, gemaakt onder soortgelijke anatomische omstandigheden als zich voordoen tijdens de radiotherapie een wezenlijke bijdrage leveren aan een optimale behandelingsplanning.

Behoefte bestaat derhalve aan een verbeterde röntgeninrichting voor simulatie en planning van radiotherapie, die de boven genoemde bezwaren niet of in geringere mate

vertoont en waarmee bovendien op eenvoudige wijze tomografie-beelden gevormd kunnen worden.

De uitvinding beoogt in de geschetste behoefte te voorzien en meer in het algemeen een doeltreffende, 5 veelzijdige en betrouwbare röntgeninrichting voor simulatie en planning van radiotherapie te verschaffen.

Hiertoe wordt volgens de uitvinding een röntgeninrichting van de boven beschreven soort daardoor gekenmerkt dat de beeldopneeminrichting een langwerpige röntgenbeeld- 10 versterkerbuis van het proximity-focus type omvat, die in bedrijf dwars op de lengterichting een aftastslag kan uitvoeren, en een optisch stelsel, dat het uitgangsbeeld van de langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis voortdurend afbeeldt op een lichtgevoelige inrichting, die het genoemde 15 uitgangsbeeld omzet in elektrische vorm.

In het volgende zal de uitvinding nader worden beschreven met verwijzing naar de bijgevoegde tekening van enkele uitvoeringsvoorbeelden.

Figuren 1 en 2 tonen schematisch in perspectief 20 een voorbeeld van een röntgeninrichting volgens de uitvinding;

figuren 3 t/m 5 tonen schematisch enkele uitvoerings-voorbeelden van een beeldopneeminrichting voor een inrichting volgens de uitvinding met een lineair bewegende röntgendetector; 25 en

figuren 6 en 7 tonen schematisch twee uitvoeringsvoorbeelden van een inrichting volgens de uitvinding met een volgens een cirkelboog bewegende röntgendetector.

De figuren 1 en 2 tonen schematisch vanuit verschillende 30 gezichtspunten in perspectief voorbeelden van een röntgeninrichting 1 volgens de uitvinding. De röntgeninrichting omvat een vast gestel 2, waaraan draaibaar om een schematisch

aangegeven, in hoofdzaak horizontale, as 3 een zich dwars op de as 3 uitstrekkende arm 4 is gemonteerd. De arm 4 strekt zich aan weerszijden van de as 3 uit en heeft twee vrije uiteinden. Nabij het ene vrije uiteinde 5, dat normaliter het bovenste uiteinde van de in rust vertikale arm 4 is, is vrijdragend een zich van het gestel af uitstrek- kende dwarsarm 6 gemonteerd. Nabij het normaliter onderste uiteinde 7 van de arm 4 is een zich in hoofdzaak evenwijdig aan de dwarsarm 6 uitstrekkende dwarsarm 8 gemonteerd, dat eveneens van het gestel af wijst. De arm 4 vormt samen met de dwarsarmen 6 en 8 een op z'n kant geplaatste U-vormige constructie waarvan de arm 4 de bodem vormt en de beide dwarsarmen 6 en 8 de benen. De positie van de dwarsarmen 6 en 8 langs de arm 4 is instelbaar middels instelorganen, die in het getoonde voorbeeld schroefspindels 9 en 10 omvatten. Konstrukties zoals gevormd door de armen 4,6 en 8 zijn ook in andere uitvoeringsvormen bekend zoals C-armen, waarbij geen separaat onderscheid tussen 'armen 4,6 en 8' kan worden aangegeven, omdat er één enkel vloeiend verloop is.

De dwarsarm 6 draagt aan het vrije uiteinde een röntgenbron 11, die gericht is naar een beeldopneeminrichting 12, die zich aan het vrije uiteinde van de dwarsarm 8 bevindt.

Met behulp van een vrijdragend gemonteerde patiënten- tafel 13 kan, zoals getoond in figuur 2, een patiënt 14 tussen de röntgenbron 11 en de beeldopneeminrichting 12 worden gepositioneerd teneinde een röntgenbeeld van een deel van de patiënt te vormen. De patiëntentafel is op bekende wijze zodanig op een sokkel 16 gemonteerd, dat de tafel 13 zowel in langs- als in dwarsrichting verschuifbaar is. Bovendien is de patiëntentafel zoals

gebruikelijk in hoogte verstelbaar. Ook kan de patiëntentafel roteren om een verticale as, die bij voorkeur samenvalt met de verbindinglijn tussen het hart van het röntgenfocus van de röntgenbron 11 en het hart van het ingangsvenster 5 17 van de beeldopneeminrichting 12. Deze verbindinglijn is in figuur 2 bij 18 aangegeven. Nabij de röntgenbron 11 is een collimator aangebracht (niet weergegeven) waarvan de positie en afmetingen zodanig kunnen worden ingesteld dat steeds een waaivormige bundel röntgenstraling wordt 10 doorgelaten welke de beeldopneeminrichting 12 treft.

Figuur 3 toont schematisch een eerste uitvoerings- voorbeeld van een beeldopneeminrichting 12 voor een inrichting volgens de uitvinding. De beeldopneeminrichting bevindt zich in een schematisch met 20 aangegeven behuizing, 15 waarvan de naar de röntgenbron 11 gekeerde wand 21 althans over een met het gewenste beeldvlak corresponderend deel voor röntgenstraling transparant is. De beeldopneeminrichting 12 omvat niet zoals gebruikelijk een stationaire grote röntgenbeeldversterkerbuis, waarvan het ingangsvenster 20 even groot is als het beeldveld, maar een langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis van het proximity focus-type. Een dergelijke röntgenbeeldversterkerbuis is beschreven in aanvragers Nederlandse octrooi 183914, en is in figuur 3 schematisch in dwarsdoorsnede getoond bij 22. De röntgen- 25 beeldversterkerbuis kan bijvoorbeeld een beeldvlak van  $\pm 400$  à  $500$  mm lang en  $\pm 25$  mm breed hebben. Om een volledig beeld van bijvoorbeeld  $400 \times 350$  mm<sup>2</sup> te vormen dient de langwerpige buis dus een aftastbeweging uit te voeren. De aandrijfmiddelen met behulp waarvan de aftastbeweging 30 wordt uitgevoerd, zijn in de figuren niet getoond evenmin als de aandrijfmiddelen, die synchroon met de beweging van de beeldversterkerbuis andere delen van de beeldopneem-

inrichting in bedrijf aandrijven. De langwerpige röntgenbeeld-  
versterbuis 22 heeft een voor röntgenstraling gevoelige  
kathode K, die onder invloed van de bij 23 aangegeven  
invallende röntgenstraling elektronen emitteert, die  
5 door een tussen de kathode en een tegenover de kathode  
gelegen anode A aangelegd elektrisch veld in de richting  
van de anode versneld worden. De anode zet de energie  
van de invallende elektronen op bekende wijze om in licht  
en vormt aldus een lichtbeeld, dat de variatie in de  
10 doorlatendheid van een patiënt voor röntgenstraling represen-  
teert.

De kathode en de anode liggen op korte afstand  
van elkaar in een huis waarin vacuum heerst en dat tenminste  
ter hoogte van de kathode voor röntgenstraling transparant  
15 is en ter hoogte van de anode licht doorlaat. De kathode  
en anode zijn in hoofdzaak evenwijdig en in hoofdzaak  
even groot, zodat geen extra elektroden nodig zijn voor  
focussering. Het lichtbeeld kan via een glazen venster  
maar ook via een glasvezelplaat buiten het huis worden  
20 gebracht, en valt dan op een spiegel 24, die onder een  
hoek van 45 graden is opgesteld en het invallende licht  
dus over een hoek van 90 graden afbuigt. De lichtweg  
is aangegeven met van pijlen voorziene lijnen 25 t/m  
28. Het door de spiegel afgebogen licht 25 wordt na het  
25 doorlopen van een in dit voorbeeld in hoofdzaak horizontaal  
traject 26 middels twee schuin geplaatste spiegels 29,30,  
waartussen een kort traject 27 ligt, over in hoofdzaak  
180 graden afgebogen, zodat het na de spiegel 30 volgende  
traject 28 van de lichtweg in hoofdzaak evenwijdig is  
30 aan het traject 26. Aan het einde van het traject 28  
bevindt zich een objectief 31 dat het invallende licht  
richt op een lichtgevoelige inrichting 32 die invallend  
licht omzet in een daarmee corresponderend elektrisch



signaal. Hiertoe kan een CCD(charge-coupled device)element of een samenstel van een aantal CCD-elementen gebruikt worden. Dergelijke elementen zijn in de handel verkrijgbaar. In een praktisch uitvoeringsvoorbeeld kan als lichtgevoelige  
5 inrichting een CCD van het type met 2048 x 96 beeldelementen worden gebruikt. Een geschikte CCD is de Dalsa I-F1-2048 met een gevoelig oppervlak van 28,7 x 1,34 mm.

De röntgenbeeldversterkerbuis is bij 22 in de ene eindstand van de aftastbeweging getoond. Het aftasttraject  
10 is met 31 aangegeven. In dit voorbeeld vindt de aftasting langs een lineair traject plaats. De positie van de röntgen-beeldversterkerbuis aan het andere eind van het aftasttraject is met 22' aangegeven. De spiegel 24 beweegt tijdens de aftastbeweging met de röntgenbeeldversterkerbuis mee.  
15 De met de stand 22' overeenkomende stand van de spiegel 24 is bij 24' aangegeven.

Om een beeld van goede kwaliteit te verkrijgen en zonder vignettering dient de afstand tussen de anode A en het vlak van de lichtgevoelige inrichting 32 constant  
20 te zijn. Bij afmetingen van het lichtgevoelig element zoals hiervoor bij wijze van voorbeeld gegeven als 28,7 x 1,34 mm en bij een afmeting van de anode van de röntgen-beeldversterkerbuis van bijvoorbeeld circa 430 x 20 mm<sup>2</sup> is dan een door de objectieflens of het objectieflens-  
25 stelsel verschaftte verkleining met een factor 15 nodig. Om vignettering in voldoende mate te voorkomen zal onder dergelijke omstandigheden de afstand tussen de anode A en het vlak van de lichtgevoelige inrichting 32 ongeveer 1 m bedragen. Aangezien de ruimte voor de beeldopnemer  
30 beperkt is, in het bijzonder in het geval dat een bestaande röntgeninrichting volgens de stand der techniek omgebouwd dient te worden tot een inrichting volgens de uitvinding,

is de lichtweg met behulp van de spiegels gevouwen, zoals hierboven beschreven.

Om de lengte van de lichtweg constant te houden dienen echter ook de spiegels 29, 30 en/of het objectief 5 31 en de lichtgevoelige inrichting 32 tijdens de aftastbeweging te bewegen. In het getoonde voorbeeld kunnen de spiegels 29,30 gezamenlijk bewegen tussen de bij 29 en 30 aangegeven posities en de bij 29' en 30' aangegeven posities. Een voordeel van deze oplossing waardoor de 10 afmetingen in die richting beperkt kunnen blijven is dat de spiegels 29,30 slechts over een afstand X verplaatst behoeven te worden die de helft is van de slag S van de röntgenbeeldversterkerbuis 22.

Figuur 4 toont een uitvoeringsvoorbeeld van een 15 beeldopneeminrichting voor een röntgeninrichting volgens de uitvinding, die een op soortgelijke wijze gevouwen lichtweg omvat als de uitvoeringsvorm van figuur 3. De spiegels 29 en 30 zijn in dit voorbeeld echter geen beweegbare spiegels. Daarentegen is de objectieflens 31 nu samen 20 met de lichtgevoelige inrichting 32 beweegbaar langs een lineair traject 35, dat in dit voorbeeld tussen de trajecten 26 en 28 ligt. De met de stand 22' corresponderende positie van de objectieflens en de lichtgevoelige inrichting is bij 31' en 32' getoond. Voor deze oplossing is een 25 extra richtingsverandering van de lichtweg van  $\pm 180$  graden nodig. Hiertoe is in het getoonde voorbeeld een element 36 toegepast, dat twee richtingsveranderingen van elk 45 graden veroorzaakt. Het element 36 is stationair en kan bijvoorbeeld een samenstel van twee spiegels, 30 die onderling een hoek van 90 graden insluiten omvatten. Element 36 kan ook als prisma-element zijn uitgevoerd waarvan figuur 4 een dwarsdoorsnede aangeeft, welk prisma-element zich uitstrekt loodrecht op het vlak van tekening

van figuur 4. De objectieflens 31 en de lichtgevoelige inrichting worden tijdens een aftastslag van de röntgenbeeldversterkerbuis even ver verplaatst als de röntgenbeeldversterkerbuis, zodat de totale lengte van de lichtweg weer  
5 constant blijft. Deze uitvoeringsvorm vergt een iets grotere hoogte-afmeting H van het huis 12 dan de uitvoeringsvorm van figuur 3, doch een iets kleinere lengte-afmeting L. In een praktisch uitvoeringsvoorbeeld kan bij een slag S van bijvoorbeeld 32 cm de afmeting H in  
10 figuur 3 bijvoorbeeld omstreeks 35 cm bedragen bij een afmeting L van omstreeks 70 cm. In een uitvoering volgens figuur 4 kan H bijvoorbeeld omstreeks 40 cm zijn en L omstreeks 63 cm.

Figuur 5 toont een uitvoeringsvoorbeeld waarbij  
15 alle elementen, die de lichtweg bepalen tijdens een aftastslag bewegen. De onder de röntgenbeeldversterkerbuis 22 geplaatste spiegel 24 richt het invallende licht via een zich in dit voorbeeld in hoofdzaak evenwijdig aan het aftasttraject uitstrekkend traject 40 op een schuin, bijvoorbeeld onder  
20 een hoek van 15 graden à 25 graden, geplaatste spiegel 41, welke het invallende licht via een traject 42 richt op een objectieflens 31 met daarachter geplaatst een lichtgevoelige inrichting 32. De afstanden tussen de spiegels 24 en 41 en de spiegel 41 en de objectieflens  
25 31 zijn constant. De positie van de spiegel 41 die correspondeert met de positie 22' van de röntgenbeeldversterkerbuis is bij 41' aangegeven. Hetzelfde geldt voor de objectieflens en de lichtgevoelige inrichting waarvan de uiterste stand bij 31' respectievelijk 32' is aangegeven.

30       Figuur 5 toont nog met onderbroken lijnen een mogelijke variant, waarbij de röntgenbeeldversterkerbuis zodanig is geroteerd, dat de invallende röntgenstraling schuin

op de kathode valt. Bovendien valt in het getoonde voorbeeld de röntgenstraling aan de naar de anode gekeerde zijde van de kathode in. Dit is echter niet noodzakelijk.

Een voordeel van schuin invallende röntgenstraling is, dat de kathode schijnbaar verkleind en de gevoelige laag schijnbaar dikker wordt. Per hoeveelheid röntgenstraling is daardoor de hoeveelheid opgewekt licht in de fotokathode van de röntgenbeeldversterkerbuis groter dan in de configuratie zoals weergegeven bij 22. Doordat er meer licht wordt opgewekt wordt ook het aantal per hoeveelheid röntgenstraling door de fotokathode geëmitteerde elektronen groter en daardoor wordt per hoeveelheid röntgenstraling de lichtopbrengst aan de anode groter. De aldus gepositioneerde röntgenbeeldversterkerbuis is bij 22'' aangegeven en de bijbehorende stand van de eerste spiegel met 24''. Deze variant is in het bijzonder van voordeel indien tomografiebeelden moeten worden gevormd.

Een dergelijke uitvoering vergt echter een relatief grote lengte L. Bij gebruik van elementen zoals hiervoor bij wijze van voorbeeld beschreven zal L dan een lengte bereiken van ongeveer 1 m.

Figuren 6 en 7 tonen uitvoeringsvoorbeelden van een beeldopneeminrichting voor een röntgeninrichting volgens de uitvinding, waarin de röntgenbeeldversterkerbuis een gebogen traject aflegt tijdens een aftastslag. Een dergelijke configuratie vergt een relatief grote inbouwdiepte H maar daarentegen een relatief geringe inbouw lengte L.

In het voorbeeld van figuur 6 wordt het door de anode van de röntgenbeeldversterkerbuis 22 door een eerste, nabij de op afstand van de röntgenbeeldversterkerbuis geplaatste objectieflens 31 gelegen spiegel 51, gereflecteerd

- naar een tweede spiegel 52, die zich nabij de röntgenbeeld-  
versterkerbuis bevindt. Het stelsel van röntgenbeeldversterker-  
buis, spiegels en objectieflens met lichtgevoelige inrichting  
roteert tijdens een aftastslag om een draaipunt 53. Het  
5 draaipunt ligt in het getoonde voorbeeld ter hoogte van  
de objectieflens 31, doch kan ook elders liggen. Een  
dichter bij het ingangsvlak 21 liggend draaipunt resulteert  
in een sterker gekromde baan 54 van de röntgenbeeldversterker-  
buis, hetgeen tot meer vertekening van het beeld leidt.  
10 Anderzijds treedt de vertekening slechts in één richting  
op, waardoor correctie op relatief eenvoudige wijze mogelijk  
is. Een verder weg liggend draaipunt leidt tot minder  
vervorming. Een ver weg liggend draaipunt zou buiten  
het huis 20 vallen en kan dus slechts gesimuleerd worden  
15 door de diverse componenten op elkaar afgestemde gebogen  
trajecten te doen doorlopen.

- Figuur 7 toont een variant van figuur 6 waarbij  
de objectieflens stationair is. Ook is slechts één spiegel  
nodig, zodat het lichtverlies dat bij reflectie altijd  
20 optreedt, minimaal is. De röntgenbeeldversterkerbuis  
22 volgt tijdens een aftastbeweging weer een gebogen  
baan 54. Het lichtbeeld van de anode A doorloopt een  
traject 55 en wordt door een spiegel 56 gereflecteerd  
naar de nabij één der einden van de baan 54 stationair  
25 opgestelde objectieflens 31. De röntgenbeeldversterker-  
buis 22 is via twee armen, bijvoorbeeld stangen 57,58,  
die even lang zijn, verbonden met een vast punt 59 aan  
één der uiteinden van de gebogen baan 54. De van het  
vaste punt 59 respectievelijk de röntgenbeeldversterkerbuis  
30 22 afgekeerde uiteinden van de armen zijn scharnierend  
met elkaar verbonden bij scharnierpunt 60. Ter hoogte  
van het scharnierpunt 60 is voorts een glijdende geleiding  
voor een arm 61 gevormd. De arm 61 strekt zich dwars

op het vlak van de spiegel 56 uit en is vast met de spiegel verbonden. Voorts strekt de arm 61 zich langs de bisectrice van de door de twee armen 57,58 ingesloten hoek uit. Het gevolg van deze configuratie, die constructief ook  
5 op diverse andere wijzen gerealiseerd kan worden, is dat in bedrijf de spiegel roteert met de halve hoeksnelheid van de röntgenbeeldversterkerbuis. In figuur 7 is dit aangegeven middels de positie 22'' van de röntgenbeeldversterkerbuis 22. In deze positie heeft de röntgenbeeld-  
10 versterkerbuis een met een hoek E overeenkomend deel van de baan 54 afgelegd, terwijl de spiegel 56 over een hoek  $\frac{1}{2}$  E is geroteerd tot in de stand 56'. Andere konstruktieve konfiguraties zoals hiervoor bedoeld omvatten bijvoorbeeld een elektrische aandrijving met hele respectievelijk  
15 halve snelheid. Een dergelijke elektrische aandrijving omvat bij wijze van voorbeeld een pulsgever, een deler, en stappenmotoren.

Evenals bij de andere beschreven uitvoeringsvoorbeelden is de lichtweg steeds even lang.

20 Eén der voordelen van de toepassing van een langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis is, dat bij dezelfde beschikbare ruimte onder de patiëntentafel een groter beeldveld verkregen kan worden, dat bovendien rechthoekig is, waardoor het beeld beter bij de televisienorm aansluit. Ook geldt  
25 in het algemeen, dat naarmate het beeldveld groter is de patiëntentafel minder vaak versteld behoeft te worden, zodat sneller gewerkt kan worden.

Een ander voordeel van de toepassing van een langwerpige röntgenbeeldversterker is, dat deze aanzienlijk goedkoper  
30 is dan een gebruikelijke grote röntgenbeeldversterkerbuis en dat een geringere vertekening van het beeld ontstaat.

Een zeer belangrijk voordeel van een langwerpige

röntgenbeeldversterkerbuis is, dat deze als lijndetector kan dienen voor het vormen van een tomografiebeeld. Bij het vormen van een tomografiebeeld wordt de röntgenbeeldversterkerbuis in een bepaalde stand, bijvoorbeeld de  
5 middenstand, langs zijn aftasttraject gefixeerd, en wordt de arm 4 met de dwarsarmen 6 en 8 en dus met de röntgenbron 11 en de beeldopneeminrichting 12 om de as 3 gezwenkt voor het maken van een aantal strookvormige röntgenbeelden, de zogenaamde profielen, die vervolgens op bekende wijze  
10 digitaal of analoog worden verwerkt om een dwarsdoorsnedebeeld van de patiënt te vormen.

Dit beeld kan evenals het normale fluoroscopiebeeld zichtbaar worden gemaakt op een monitor 65.

In een praktisch uitvoeringsvoorbeeld kan als licht-  
15 gevoelige inrichting een CCD van het type met 2048 x 96 beeldelementen worden gebruikt. Een geschikte CCD is de Dalsa I-F1-2048 met een gevoelig oppervlak van 28,7 x 1,34 mm.

Bij een afmeting van de anode van de röntgenbeeld-  
20 versterkerbuis van bijvoorbeeld circa 430 x 20 mm<sup>2</sup> is dan een door de objectieflens of het objectieflensstelsel verschaft verkleining met een factor 15 nodig.

De boven genoemde CCD kan in de zogenaamde TDI (time delay en integration)-mode werken, hetgeen betekent,  
25 dat gedurende een aftastslag, wanneer het beeld in feite dwars over de CCD beweegt, de lading synchroon meebeweegt. Het resultaat is een als lijndetector functionerende detector met een gevoeligheid die in het gegeven voorbeeld 96 maal zo gevoelig is als een echte lijndetector.

30 Bij voorkeur wordt een CCD toegepast waarvan de TDI-richting omkeerbaar is, zodat zowel bij de heengaan- als bij de teruggaande beweging van de aftastslag een

beeld gevormd kan worden. Bij fluorescopie kan het beeld dus vaak "ververst" worden.

Het in de CCD-gevormde ladingsbeeld kan op gebruikelijke wijze elektrisch afgetast en digitaal verder verwerkt worden. Het beeld kan zoals reeds opgemerkt op een monitor weergegeven worden en kan zolang als wenselijk is worden vastgehouden, zonder dat daarbij de röntgenbron ingeschakeld behoeft te blijven. Bij de gebruikelijke röntgeninrichtingen met een conventionele röntgen-televisieketen kunnen normaal liter geen beelden vastgehouden worden, zodat de röntgenbron ingeschakeld dient te blijven zolang het monitorbeeld bestudeerd wordt. De patiënt ontvangt dan een relatief hoge stralingsdosis.

Opgemerkt wordt, dat na het voorgaande diverse modificaties voor de deskundige voor de hand liggen.

De getoonde en beschreven uitvoeringsvormen dienen dan ook als niet beperkende voorbeelden te worden beschouwd van een röntgeninrichting voor simulatie en planning van radiotherapie waarin een langwerpige, een aftastbeweging uitvoerende röntgenbeeldversterkerbuis is toegepast, waarvan het anodebeeld middels een geschikt optisch stelsel op een lichtgevoelige inrichting wordt afgebeeld die de beeldinformatie in elektrische vorm brengt zodat digitale verwerking mogelijk is.



C O N C L U S I E S

1. Röntgeninrichting voor simulatie en planning van radiotherapie, omvattend een gestel, een om een in hoofdzaak horizontale as draaibaar aan het gestel bevestigde konstruktie met twee benen, welke benen van het gestel af  
5 wijzen, waarbij het ene been nabij het vrije uiteinde een röntgenbron draagt en het andere been nabij het vrije uiteinde een beeldopneeminrichting draagt, met het kenmerk, dat de beeldopneeminrichting een langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis van het proximity-focus type omvat, die  
10 in bedrijf dwars op de lengterichting een aftastslag kan uitvoeren, en een optisch stelsel, dat het uitgangsbeeld van de langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis voortdurend afbeeld op een lichtgevoelige inrichting die het genoemde uitgangsbeeld omzet in een elektrische vorm.
- 15 2. Röntgeninrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de lichtgevoelige inrichting een CCD(charge-coupled device)-inrichting omvat.
3. Röntgeninrichting volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de CCD-inrichting van het type is, dat in  
20 tenminste één richting in een tijdvertragings- en integratiemode kan werken.
4. Röntgeninrichting volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de lichtgevoelige inrichting is verbonden met een digitale inrichting voor het verwerken  
25 van het in elektrische vorm omgezette uitgangsbeeld van de langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis.
5. Röntgeninrichting volgens conclusie 4, gekenmerkt

door een met de digitale inrichting verbonden televisie-monitor voor het weergeven van het in elektrische vorm omgezette uitgangsbeld van de röntgenbeeldversterkerbuis.

6. Röntgeninrichting volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat het optische stelsel zodanig is ingericht dat in elke bedrijfstand van de langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis de lichtweg tussen de anode van de röntgenbeeldversterkerbuis en de lichtgevoelige inrichting even lang is.

7. Röntgeninrichting volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de aftastslag van de röntgenbeeldversterkerbuis langs een lineair aftasttraject plaats vindt.

8. Röntgeninrichting volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat nabij de anode van de röntgenbeeldversterkerbuis een met de röntgenbeeldversterkerbuis meebewegende spiegel is aangebracht, die zich evenwijdig aan de lengterichting van de röntgenbeeldversterkerbuis uitstrekt en van de anode afkomstig invallend licht over een hoek van in hoofdzaak 90 graden afbuigt in een richting in hoofdzaak evenwijdig aan het aftasttraject, waarbij het afgebogen licht vervolgens door een bewegende afbuiginrichting over in hoofdzaak 180 graden wordt omgebogen en op een stationair objectieflensstelsel wordt gericht, waarachter zich de lichtgevoelige inrichting bevindt, waarbij de afbuiginrichting met de halve snelheid van de röntgenbeeldversterkerbuis beweegt.

9. Röntgeninrichting volgens conclusie 8, met het kenmerk, dat de afbuiginrichting twee onder een hoek van in hoofdzaak 90 graden ten opzichte van elkaar geplaatste spiegels omvat.

10. Röntgeninrichting volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat nabij de anode van de röntgenbeeldversterkerbuis

een met de röntgenbeeldversterkerbuis meebewegende spiegel is aangebracht, die zich evenwijdig aan de lengterichting van de röntgenbeeldversterkerbuis uitstrekt en van de anode afkomstig licht over een hoek van in hoofdzaak 90 graden afbuigt in een richting in hoofdzaak evenwijdig aan het aftasttraject, waarbij het afgebogen licht vervolgens door twee afbuiginrichtingen, die elk een afbuiging van in hoofdzaak 180 graden bewerkstelligen, wordt gericht op een objectieflensstelsel, waarachter een lichtgevoelige inrichting is geplaatst.

11. Röntgeninrichting volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat de twee afbuiginrichtingen stationair zijn terwijl het objectieflensstelsel en de lichtgevoelige inrichting in hoofdzaak evenwijdig met het aftasttraject meebewegen met de röntgenbeeldversterkerbuis.

12. Röntgeninrichting volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat tenminste één der afbuiginrichtingen twee onder een hoek van in hoofdzaak 90 graden ten opzichte van elkaar geplaatste spiegels omvat.

13. Röntgeninrichting volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat nabij de anode van de röntgenbeeldversterkerbuis een eerste met de röntgenbeeldversterkerbuis meebewegende spiegel is aangebracht, die zich evenwijdig aan de lengterichtingen van de röntgenbeeldversterkerbuis uitstrekt en van de anode afkomstig licht over een hoek van in hoofdzaak 90 graden afbuigt in een richting in hoofdzaak evenwijdig aan het aftasttraject, waarbij het licht vervolgens door een tweede meebewegende, op een vaste afstand van de eerste spiegel aangebrachte spiegel wordt afgebogen naar een meebewegende, zich op een vaste afstand van de tweede spiegel gepositioneerd samenstel van een objectieflensstelsel en een lichtgevoelige inrichting.

9102063

14. Röntgeninrichting volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de aftastslag van de röntgenbeeldversterkerbuis langs een gebogen aftasttraject plaats vindt.
15. Röntgeninrichting volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat de lichtweg een op vaste afstand van de anode van de röntgenbeeldversterkerbuis geplaatste eerste spiegel, en een op vaste afstand van de eerste spiegel geplaatste tweede spiegel omvat, waarbij de eerste spiegel het van de anode afkomstige licht afbuigt en richt naar de tweede spiegel, die het licht nogmaals afbuigt en richt naar een objectieflensstelsel, waarachter een lichtgevoelige inrichting is geplaatst, waarbij de spiegels en het samenstel van objectieflensstelsel en lichtgevoelige inrichting tijdens de aftastslag een gebogen traject volgen dat dezelfde booghoek beslaat en hetzelfde centrale rotatiepunt heeft als het aftasttraject.
16. Röntgeninrichting volgens conclusie 15, met het kenmerk, dat het centrale rotatiepunt zich ter plaatse van het objectieflensstelsel bevindt.
17. Röntgeninrichting volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat het optische stelsel een zich in het rotatiepunt van het aftasttraject bevindende spiegel omvat, die in bedrijf met de halve hoeksnelheid van de röntgenbeeldversterkerbuis om het rotatiepunt roteert en die het van de anode afkomstige licht op een stationair objectieflensstelsel richt.
18. Röntgeninrichting volgens conclusie 17, met het kenmerk, dat het objectieflensstelsel zich nabij een der uiteinden van het aftasttraject bevindt.
19. Röntgeninrichting volgens conclusie 17, met het kenmerk, dat de röntgenbeeldversterkerbuis middels twee een hoek insluitende en in een verbindingspunt scharnierend

met elkaar verbonden armen met een punt nabij één der uiteinden van het aftasttraject is verbonden, en dat ter hoogte van het verbindingspunt een glijverbinding is aangebracht voor tenminste één vast met de roterende  
5 spiegel verbonden en zich dwars op het spiegelvlak uitstreckende arm.

20. Röntgeninrichting volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis zodanig is gepositioneerd ten opzichte van de invallende  
10 röntgenstraling, dat de röntgenstraling schuin op de kathode van de röntgenbeeldversterkerbuis valt.

21. Werkwijze voor het toepassen van een inrichting volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de langwerpige röntgenbeeldversterkerbuis in een  
15 vaste stand ten opzichte van de röntgenbron wordt gefixeerd en dat vervolgens de constructie met twee benen opeenvolgend in een aantal rotatiestanden ten opzichte van de patiëntentafel wordt gebracht, waarbij in elke stand een profiel wordt opgenomen, en dat de profielen tot een dwarsdoorsnede-  
20 beeld worden verwerkt, dat op een monitor zichtbaar wordt gemaakt.

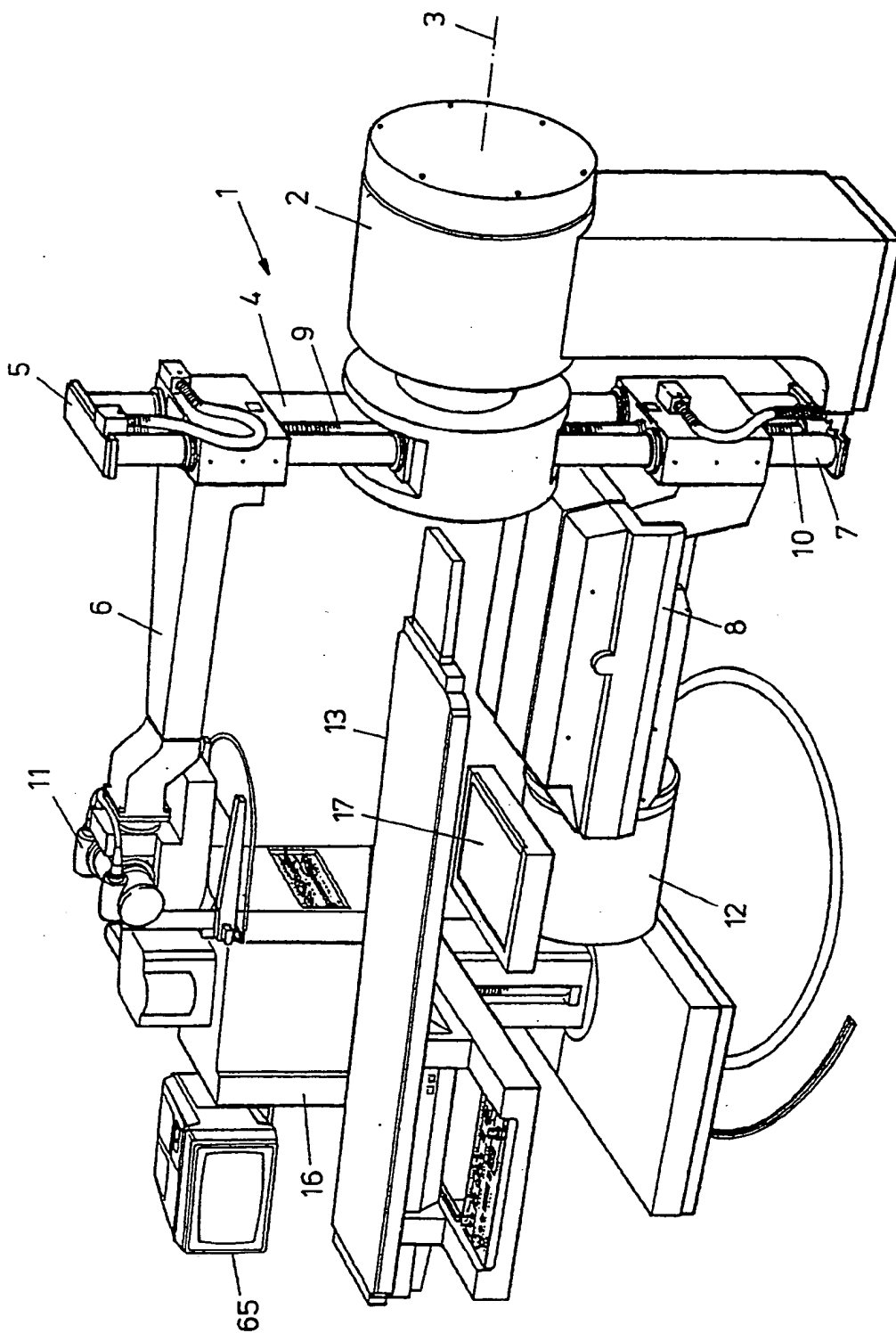


FIG.1

9 1 0 2 0 6 3

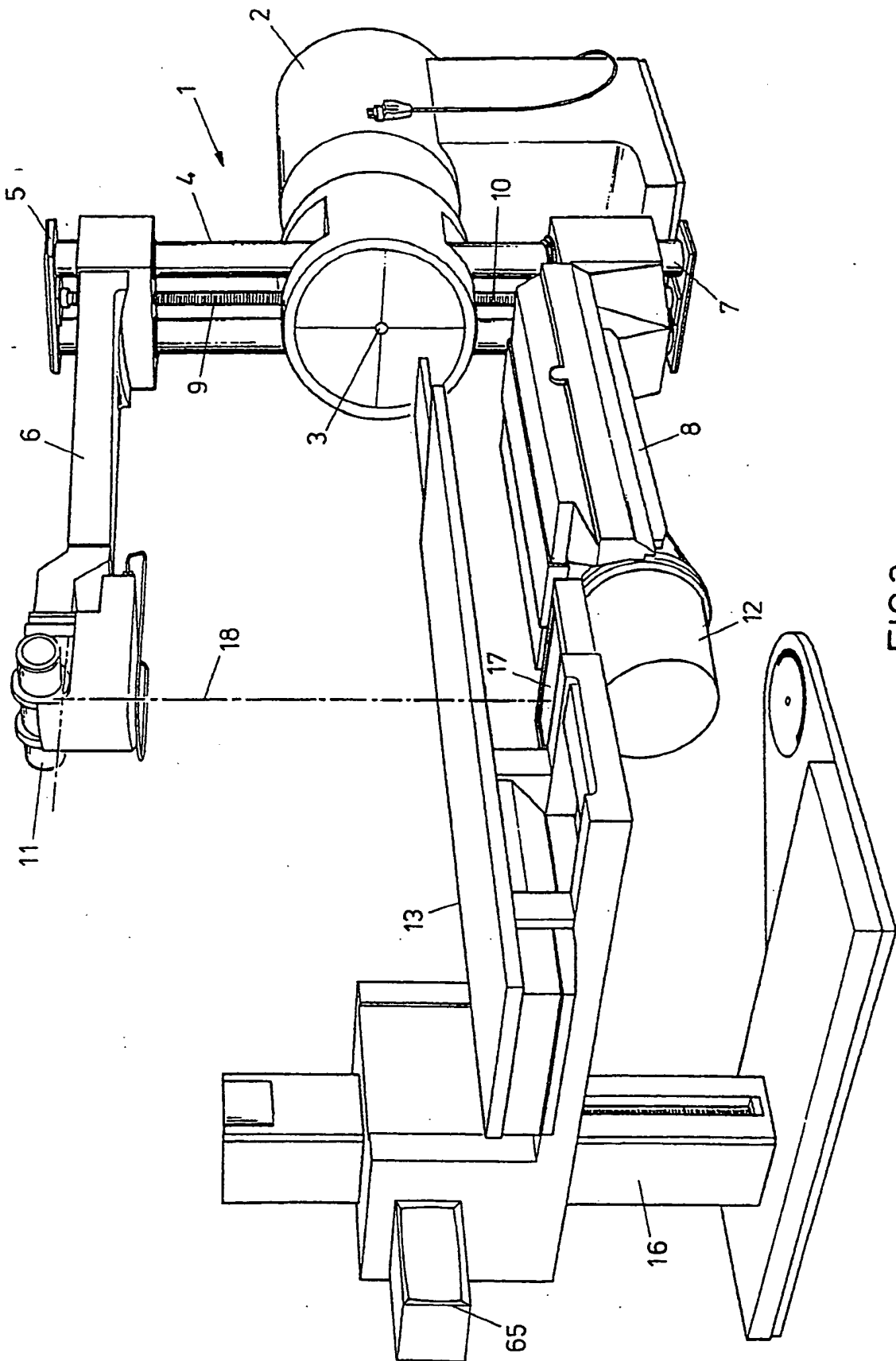
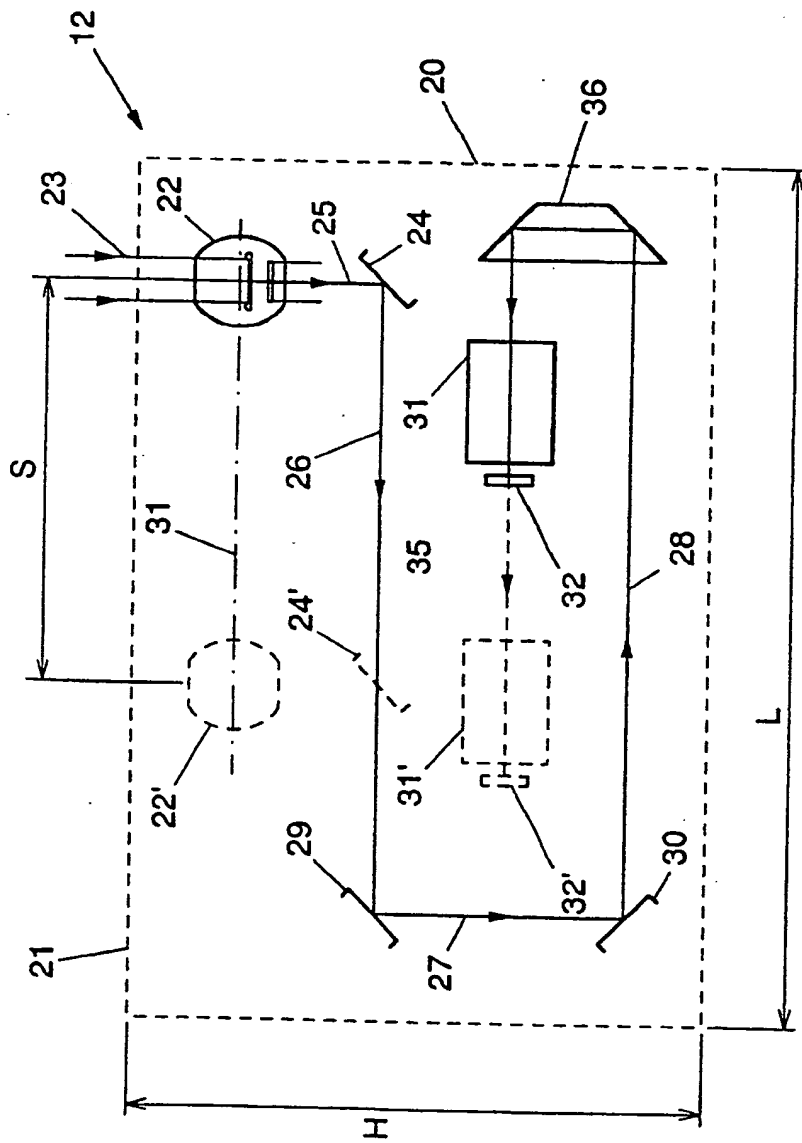


FIG.2

9 102 063







**FIG. 4**

9 1 0 2 0 6 3

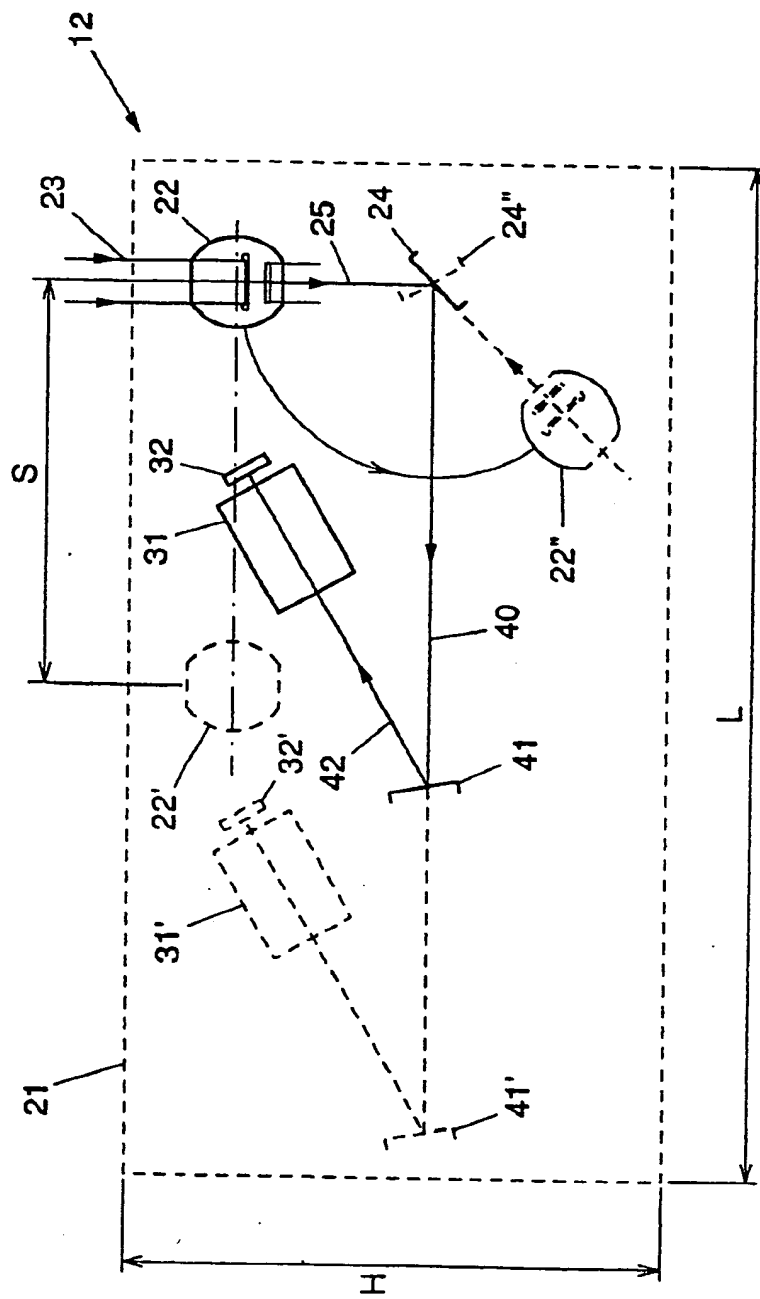


FIG. 5

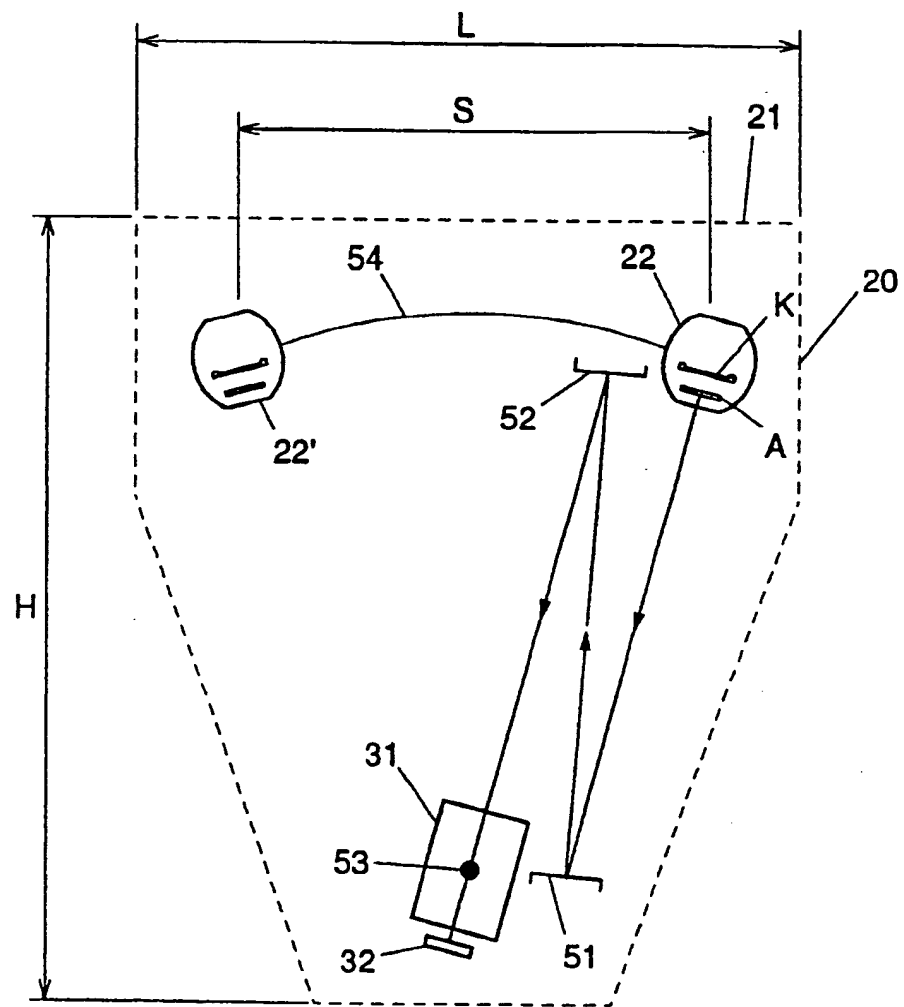


FIG. 6

